

**INFLUENTA PROPRIETATILOR MATERIALELOR  
CONSTITUTIVE ASUPRA PERFORMANTELOR IZOLATORILOR  
SEISMICI DIN ELASTOMERI**

**INFLUENCE OF THE CONSTITUTIVE MATERIALS PROPERTIES ON  
ELASTOMERIC SEISMIC ISOLATORS PERFORMANCE**

**Sorin Adrian POPA** <sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Institutul de Mecanica Solidelor al Academiei Romane, Bucuresti,

<sup>2</sup>Institutul de Cercetări pentru Echipamente și Tehnologii în Construcții – ICECON S.A.,  
Bucuresti, Romania, e-mail:sorin.popa@icecon

**Rezumat:** *Lucrarea prezinta corelatiile parametrice intre proprietatile fizico-mecanice ale elastomerului, solutia constructiva a izolatorilor seismici din elastomeri si parametrii de performanta care determina capacitatea de utilizare a acestor dispozitive in cadrul diferitelor solutii de protectie seismica a podurilor supuse la seismicitate redusa.*

*Scopul urmarit este identificarea si cuantificarea factorilor care influenteaza, in mod determinant, performantele izolatorilor antiseismici din elastomeri, astfel incat sa poata fi stabilita o metoda de analiza, care sa permita evaluarea prin calcul, cu un grad de precizie adecvat, a modului de comportare si a performantelor caracteristice pentru diferite tipuri constructive de astfel de produse.*

**Abstract:** *The paper presents the parametric correlations between the elastomer physical and mechanical properties, the constructive solution of elastomeric seismic isolators, and the performance parameters which determine the capacity for use of these devices, within different solutions for the seismic protection of bridges subjected to low seismic actions.*

*The aim is to identify and quantify the factors that influence, in a decisive way, the elastomeric seismic performances isolators, so that an analysis method to be established, which allows the evaluation by calculation, with an appropriate degree of accuracy, of the behaviour and the performance characteristics for different constructive types of such products.*

**Cuvinte cheie:** *elastomer, izolator seismic, metoda evaluare, performante*

**Keywords:** *elastomeric materials, seismic isolators, assessment methods, performance*

## **1. INTRODUCERE**

Reglementarile tehnice aplicabile, pentru validarea performantelor izolatorilor seismici din elastomeri utilizati pentru poduri/ viaducte supuse la seismicitate redusa (EN 15129, EN 1337-3), permit utilizarea rezultatelor testelor realizate pentru stabilirea proprietatilor fizico-mecanice ale materialelor constitutive de baza (elastomer, otel), cu scopul evaluarii prin calcul a anumitor performante ale produsului final.

In acest context, pornind de la modelele de calcul (corelatii parametrice) prezentate in literatura de specialitate, pot fi identificate si analizate influentele datorate caracteristicilor particulare ale solutiei constructive a dispozitivului antiseismic (corespunzatoare diferitelor solutii particulare de izolare seismica). Rezultatele obtinute vor permite dezvoltarea unei metode de evaluare combinate, care sa contribuie la reducerea costurilor asociate verificarii si evaluarii capacitatii de utilizare a acestor produse.

## 2. PERFORMANTELE IZOLATORILOR SEISMICI DIN ELASTOMERI

Capacitatea tehnica de utilizare a izolatorilor seismici din elastomeri, in cadrul solutiilor de rezemare a podurilor/ viaductelor supuse la seismicitate redusa, se determina conform Regulament UE nr. 305 / 09.03.2011 (art.3, alin. 2) pe baza caracteristicilor esentiale definite in anexa ZA, tabel ZA.1e din EN 15129 in raport cu nivelul de performanta impus prin cerintele functionale definite de proiectantul structurii de constructii.

In anexa ZA. 3 din standardul EN 15129, sunt indicate 3 metode ce pot fi utilizate de catre producator pentru declararea performantelor produsului:

1. prezentarea caracteristicilor esentiale de performanta precizate in documentul de referinta, pe baza rezultatelor testelor experimentale specifice domeniului de utilizare;
2. furnizarea de informatii referitoare la proprietatile materialelor constitutive, relevante pentru cerintele esentiale in asigurarea sigurantei si durabilitatii in exploatare, pe baza continutului certificatelor de inspectie de tip 3.2 emise conform prevederilor din EN 10204;
3. demonstrare conformitate cu specificatiile de calcul pregatite de proiectantul structurii, bazata pe documente de verificare a cerintelor indicate de client.

Pentru cazul in care conditiile de utilizare ale izolatorilor antiseismici din elastomeri sunt critice, respectiv daca prin cedarea dispozitivelor individuale, constructia sau parti ale acesteia ajung in situatii care depasesc starea limita de serviciu sau starea limita ultima ce au fost definite de proiectant, este obligatorie aplicarea metodei 1 pentru declararea performantelor produsului, in conditiile evaluarii realizate conform sistemului 1 de certificare (decizie 95/467/CE).

In tabelul 1, sunt prezentate centralizat toate elementele necesare pentru alegerea izolatorilor seismici din elastomeri in conformitate cu cerintele specifice de utilizare pentru rezemarea podurilor/ viaductelor supuse la seismicitate redusa.

**Cerinte pentru evaluare performanta / stabilire capacitate utilizare - Tabel 1**

Cerinta esentiala / Elemente evaluare, Parametrii de performanta	Metoda testare/ Tip verificare	Criteriu de acceptare (Valoare/ Nivel/ Clasa de performanta)
<b>1. capacitatea portanta</b>		
<p>[8.2.1.2.7/ EN15129] <b>capacitate deplasare orizontala</b> (flexibilitate laterala):</p> <p><math>N_{Ed}</math> (<math>N_{Ed,min}</math> ; <math>N_{Ed,max}</math>) - forta axiala de calcul (compresiune/ intindere) care actioneaza asupra unui dispozitiv supus actiunii seismice considerate la proiectare;</p> <p><math>d_{max}</math> - deplasarea orizontala totala max. ce revine dispozitivului ca urmare a solicitarilor exercitate asupra structurii (<math>d_{max} = \gamma_b \cdot d_{Ed}</math>; <math>d_{Ed} = \gamma_x \cdot d_{bd}</math>; <math>d_{bd} = T_q \cdot \epsilon_{q,E}</math>)</p> <p>[4.3.2.1/ EN1337-3] <b>rezistenta la forfecare a aderentei</b> otel-elastomer :</p> <p><math>N_{sd}</math> - sarcina verticala maxima de exploatare (4.3.3/EN 1337-3 + 8.2.3.3.2/EN 15129)</p> <p><math>\epsilon_{q,max}</math> - deformatia specifica de forfecare maxima (<math>\epsilon_{q,max} = v_{xy,d} / T_q</math> ; <math>v_{xy,d} \equiv d_{max}</math>)</p> <p><math>R_{xa}</math> - rezistenta la forfecare a aderentei otel-elastomer</p>	<p>TEST - 8.2.4.1.5.3/ EN 15129 sau anexa G / EN1337-3</p>	<p><b>C1:</b> <math>N_{Ed,min}</math> ; <math>N_{Ed,max}</math> ; <math>d_{max}</math> .</p> $\epsilon_{q,max} \equiv \epsilon_{qE} = \frac{d_{max}}{\gamma_b \cdot \gamma_x \cdot T_q} > 200\%$ <p>- izolatorul nu prezinta semne de cedare la finalul testului (cedare aderenta otel- elastomer, fisuri de suprafata sau imperfectiuni mai mari de 2 mm in latime sau adancime, integritate fixare izolator la placile de incarcare, pozitie gresita placi de armare, cute datorate efectelor de retinere a placilor de armare - distribuite uniform).</p> <p><b>C2:</b> <math>N_{sd}</math> ; <math>\epsilon_{q,max}</math> .</p> $\epsilon_{q,max} \equiv \epsilon_{qE} = \frac{d_{max}}{\gamma_b \cdot \gamma_x \cdot T_q} \leq 200\%$ <p>- panta curbei forta-deformatie (deformatia elastica, <math>k_e</math>) nu trebuie sa prezinte o valoare maxima sau minima pana la valoarea deformatiei specifice la forfecare <math>\epsilon_{q,max} = 2</math> (<math>\epsilon_{q,max} = 200\%</math>);</p> <p>- la <math>\epsilon_{q,max}</math>, suprafata laterala a izolatorului nu trebuie sa prezinte fisuri in interiorul elastomerului, datorita defectelor de turnare sau aderenta; dupa caz, se consemneaza modul de rupere si valoarea rezistentei la forfecare aderenta (<math>R_{xa}</math>)</p>

<p>[8.2.1.2.8/ EN15129] + [4.3.4 / EN 1337]  <b>rigiditate la compresiune</b> - <math>K_v</math></p> <p><math>F_{z2}</math> - incarcarea maxima de calcul pt. starea limita de serviciu (SLS); se poate considera: <math>F_{z2} \equiv N_{sd} = 5 \cdot G \cdot A' \cdot S / 1,5</math> (4.3.3/EN 1337-3);</p> <p><math>F_{z1} = 30\% F_{z2}</math>;</p> $K_v \equiv C_C = \frac{F_{z2} - F_{z1}}{v_{z2} - v_{z1}},$ $E_{cs} = \frac{\sigma_{c2} - \sigma_{c1}}{\varepsilon_{c2} - \varepsilon_{c1}}; \quad \varepsilon_c = \frac{v_z}{T_0}$ <p>unde: <math>v_{z1}</math> si <math>v_{z2}</math> - deformatiile coresp. <math>F_{z1}</math> si <math>F_{z2}</math>; <math>T_0</math> - grosime medie a elastomerului, fara strat acoperire protectie sus / jos.</p>	<p>TEST - anexa H  EN 1337-3</p>	<p>- panta curbei forta-deformatie (deformatia elastica, <math>k_e</math>) nu trebuie sa prezinte o valoare maxima sau minima pana la valoarea maxima a incarcarii de calcul;</p> <p>- la incarcarea maxima, suprafata laterala a izolatorului nu trebuie sa prezinte imperfectiuni structurale: fisuri datorate defectelor de turnare/aderenta; armaturi nealiniate lateral sau deplasate pe verticala (cutele datorate efectelor de retinere a placilor trebuie sa fie uniforme); cedare aderenta la interfata otel-elastomer;</p> <p>- valoarea <math>K_v</math> sau <math>E_{cs}</math> determinate la incercarile de control a fabricatiei trebuie sa se incadreze in intervalul de <math>\pm 30\%</math> din valoarea determinata la incercarea initiala de tip</p>
<p>[8.2.3.4.2 /EN 15129]- <b>deformatie specifica maxima</b>, totala de calcul: <math>\varepsilon_{t,d}</math></p> $\varepsilon_{t,d} = K_L \cdot (\varepsilon_{c,E} + \varepsilon_{q,E} + \varepsilon_{\alpha,d})$ <p><math>\varepsilon_{c,E}</math> - deformatie specifica la compresiune;  <math>\varepsilon_{q,E}</math> - deformatie specifica la forfecare;  <math>\varepsilon_{\alpha,d}</math> - deformatie specifica la rotire unghiulara.</p>	<p>CALCUL - 5.3.3./  EN 1337-3 +  8.2.3.3.2; 8.2.3.3.3/  EN 15129</p>	<p>- suma deformatiilor specifice (<math>\varepsilon_{t,d}</math>) datorate efectelor incarcarii de calcul nu trebuie sa depaseasca valoarea maxima (<math>\varepsilon_{u,d}</math>): <math>\varepsilon_{t,d} \leq \varepsilon_{u,d} = 7/\gamma_m</math> (<math>\gamma_m</math>- coeficient de partial de siguranta functie de material)</p> $\varepsilon_{c,E} = \frac{6 \cdot S \cdot N_{Ed,max}}{A_r \cdot E'_c}; \quad E'_c = 3 \cdot G(1 + 2 \cdot S^2)$ $\varepsilon_{q,E} = \frac{d_{bd}}{T_q} \leq 1; \quad \varepsilon_{\alpha,d} = \frac{((a')^2 \cdot \alpha_{\alpha,d} + (b')^2 \cdot \alpha_{b,d}) \cdot t_i}{2 \sum t_i^3}$ <p><math>E'_c</math> - valoarea corectata a modului de elasticitate longitudinala pt. considerarea compresibilitatii elastomerului (anexa I / ISO 22762-2).</p>
<p>[8.2.3.4.3/ EN 15129] - <b>grosime placa de armare</b> (armatura interioara ), <math>t_s</math></p> <p><math>A_r</math> - aria efectiva plana redusa datorita efectelor incarcarii; <math>f_y</math> - limita de curgere a otelului; <math>F_{zd}</math> - forta verticala de calcul; <math>t_1, t_2</math> - grosimile elastomerului pe fiecare parte a placii; <math>K_h</math> - coeficient de calcul pentru eforturile unitare de intindere induse in placile de armare; <math>K_p</math> - coeficient de corectie.</p>	<p>CALCUL - 5.3.3.5 /  EN 1337-3</p>	<p>- grosimea minima a placilor de otel utilizate la un dispozitiv antiseismic trebuie sa fie <math>t_s \geq 2\text{mm}</math>.</p> $t_s = \frac{K_p \cdot F_{zd} \cdot (t_1 + t_2) \cdot K_h \cdot \gamma_m}{A_r \cdot f_y}$
<p>[8.2.3.4.4/ EN 15129] <b>stabilitate la flambaj</b> la actiunea seismica (<math>N_{Ed,max}</math>)</p> <p><math>P_{cr}</math> - sarcina de flambaj ( dispozitive cu factor de forma <math>S &gt; 5</math> )</p> <p><math>\delta</math> - coeficient de flambaj (<math>\delta = d_{E,d} / a'</math>, unde: <math>a'</math> - dimensiune armatura)</p>	<p>CALCUL - 8.2.3.4.4  + 8.2.3.3.4 / EN  15129</p>	$N_{Ed,max} < \frac{P_{cr}}{2}, \text{ where: } P_{cr} = \frac{\lambda \cdot G \cdot A_r \cdot a' \cdot S}{T_q};$ $1 - \frac{2 \cdot N_{Ed,max}}{P_{cr}} > 0,7 \cdot \delta, \text{ if: } P_{cr}/2 > N_{Ed,max} \geq P_{cr}/4$ $\delta \leq 0,7, \text{ if: } N_{Ed,max} \geq P_{cr}/4$
<p>[8.2.3.4.5/ EN 15129] <b>stabilitate la rasturnare</b> din actiunea seismica (<math>N_{Ed,max}</math>)</p> <p><math>k_b</math> - rigiditate orizontala la forfecare corespunzatoare deplasarii <math>d_{max}</math></p> <p><math>T_b</math> - inaltimea totala a dispozitivului</p>	<p>CALCUL - 8.2.3.4.5  / EN 15129</p>	$d_{Ed} \leq \frac{1}{\gamma_x} \frac{N_{Ed,min} \cdot a'}{(k_b \cdot T_b + N_{Ed,min})}$ <p>(!) se verifica in cazul metodelor de fixare a disp. antiseismice cu placa ingropata sau stifturi (alte metode de fixare fata de cele standard - fixare cu suruburi)</p>
<p>[4.3.4 / EN 1337-3] <b>rezistenta la solicitari de compresiune repetata</b> (<math>E_{cs,ob}</math>)</p> <p><math>E_{cs}</math> - modul de compresiune secant</p> $E_{cs,ob} \leq E_{cs} (1 + 12\%)$	<p>TEST  anexa I / EN 1337-3</p>	<p>- <math>E_{cs}</math> determinat in conditii statice dupa solicitarea de oboseala dinamica (2.000.000 cicluri de compresiune cu <math>\sigma_z = \{ \text{min. } 7,5 \text{ MPa}, \text{ max. } 25 \text{ MPa} \}</math> si frecventa <math>f &lt; 3\text{Hz}</math> ) + perioada de recuperare de 24 ore, trebuie sa fie <math>\leq</math> modulul de compresiune static initial majorat cu 12% ;</p> <p>- nu se accepta defecte de suprafata: deteriorare aderenta, fisuri in masa elastomerului, altele.</p>

<p>[8.2.1.2.10 / EN 15129] - <b>rezistența la fluaj</b></p> <p>( ! ) test utilizat pentru verificare date de proiectare ( optional ) <math>N_{sd}</math> - incarcarea de calcul pentru conditii neseismice (care determina deformatiile de curgere lenta - fluaj)</p>	<p>TEST - 8.2.4.1.5.4 / EN 15129</p>	<p>- deformația izolatorului să nu crească excesiv în timp sub acțiunea solicitărilor gravitaționale suportate (<math>N_{sd}</math>);</p> <p>- fluajul procentual determinat la intervale specificate &lt; 20%, respectiv:</p> $ d_{Ed}^{10min} - d_{Ed}^{10^{4}min}  \leq 20\% d_{Ed}^{10min}$ <p>- fara semne vizuale de imperfectiuni structurale sau cedare aderenta la interfata otel-elastomer;</p>
<b>2. rigiditate la forfecare (<math>k_b</math>)</b>		
<p>[8.2.1.2.2/ EN 15129] <b>influenta deformatiei specifice de forfecare</b> (<math>\epsilon_{q,E}</math>) asupra rigiditatii la forfecare</p> <p><math>k_b = f(\epsilon_{q,E}, d_{Ed})</math></p> <p>(!) proiectantul / specificatia tehnica trebuie sa precizeze valoarea <math>d_{Ed}</math> (sau % <math>\epsilon_{q,E}</math>) pentru care se determina <math>k_b</math></p>	<p>TEST - 8.2.4.1.5.2/ EN 15129</p>	<p>- valoarea <math>k_b</math> ( sau <math>k_2</math> ) determinata pentru ciclul 3 de solicitare coresp. <math>\epsilon_{q,E}</math> (<math>d_{Ed}</math>) precizat de proiectant, respectiv <math>K_{effb}</math> (rigiditatea secanta) sa se incadreze in intervalul de <math>\pm 20\%</math> fata de valoarea de calcul (proiectare) / valoare rezultata la ITT</p> <p>- se raporteaza frecventa de referinta ( 0,5 Hz sau frecventa de izolare ) si frecventa de incercare</p>
<p>[8.2.1.2.4/ EN15129] <b>influenta temperaturii de serviciu</b> (<math>T_U / T_L</math>) asupra rigiditatii la forfecare</p> <p>(!) pot fi asimilate rezultatele testelor pentru elastomer (material de baza).</p> <p>(!) proiectantul / specificatia tehnica trebuie sa precizeze amplitudinea deformatiei de forfecare % <math>\epsilon_{q,E}</math> (sau valoarea <math>d_{Ed}</math>) pentru care se verifica influenta temperaturii</p>	<p>TEST - 8.2.4.1.5.2/ EN 15129</p>	<p>- valorile <math>k_b</math> sau <math>k_2</math> pentru temperatura <math>T_L</math> sa nu difere cu mai mult de +80% sau -20% fata de valorile obtinute la temperatura de referinta <math>T=23^\circ C</math>;</p> <p>- valorile <math>k_b</math> sau <math>k_2</math> temperatura <math>T_U</math> sa nu difere cu mai mult de <math>\pm 20\%</math> fata de valorile obtinute la temperatura de referinta <math>T=23^\circ C</math>.</p> <p><math>[k_b(T_L) - k_b(23^\circ C)] / k_b(23^\circ C) &lt; (+ 80\% ; -20\%)</math></p> <p><math>[k_b(T_U) - k_b(23^\circ C)] / k_b(23^\circ C) &lt; \pm 20\%</math></p>
<p>[4.3.1/ EN 1337-3] <b>modulul de forfecare</b> (modulul elasticitate conventional) pentru:</p> <p>temp. nominala, <math>G_g</math> / temp. joasa, <math>G_{g,TS}</math> / dupa imbatranire, <math>G_{g,imb}</math></p> $G_g = \frac{\tau_{s2} - \tau_{s1}}{\epsilon_{qx2} - \epsilon_{qx1}}, \text{ unde: } \tau_s = \frac{F_x}{A}; \epsilon_q = \frac{v_x}{T_q};$ <p>(A - aria sectiune transversala dispozitiv; <math>T_q</math> - grosime medie a elastomerului; <math>F_x</math> - forta/ solicitare de forfecare).</p>	<p>TEST - anexa F / EN 1337-3</p>	<p>- modulul de forfecare determinat in urma testelor, trebuie sa aiba valorile mentionate de proiectant* sau valoarea standard, astfel:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>♦ la temperatura nominala (<math>23^\circ C</math>): <math>G_g = 0,9 \pm 0,15 \text{ Mpa}</math>; respectiv <math>G_g^* = 0,7 \pm 0,10 \text{ MPa}</math> sau <math>G_g^* = 1,15 \pm 0,20 \text{ MPa}</math>;</li> <li>♦ la temperatura joasa (<math>-25^\circ C</math>) si foarte joasa (<math>-40^\circ C</math>): <math>G_{g,TS} \leq 3 G_g</math>;</li> <li>♦ dupa imbatranire (test realizat la <math>23^\circ C</math>, dupa 2 zile de la testul de imbatranire accelerata): <math>G_{g,imb} \leq 3 G_g</math>.</li> </ul> <p>- suprafata epruveta fara imperfectiuni structurale: porozitati, fisuri, defecte de turnare sau de aderenta.</p>
<p>[8.2.2.1.5/ EN 15129] <b>rezistența la cristalizare pentru temperatura joasa</b></p> <p>( ! ) test elastomer pentru conditii critice de utilizare: <i>zonele unde temp. medie zilnica este continuu sub <math>-10^\circ C</math> pentru mai mult de 6 saptamani</i></p>	<p>TEST - 8.2.4.2.5.4 / EN 15129</p>	<p>- rigiditatea la forfecare, <math>k_b</math> pentru deformatia specifica <math>\epsilon_{q,E}</math> de 25% si 100%, determinata dupa expunerea la temperatura scazuta trebuie sa fie de 1,5 ori mai mica fata de valorile similare determinate inainte de expunere.</p> <p>( ! ) se verifica/ consemneaza daca temperatura minima de serviciu se afla in domeniul in care se poate produce cristalizarea: NR - la temp. <math>T_R \leq 0^\circ C</math> pt. <math>\xi_b &gt; 0,06</math> (HDRB), sau <math>T_R \leq -5^\circ C</math> pt. <math>\xi_b \leq 0,06</math> (LDRB); CR - la temp. <math>T_R \leq 5^\circ C</math>. <math>\rightarrow</math> stabilire durata si temperatura expunere.</p>
<b>3. capacitate de rotire / recentrare</b>		
<p>[4.3.5 / EN 1337-3] <b>capacitate de rotire statica</b></p> <p><math>\alpha_r</math> - unghiul de rotire statica;</p>	<p>TEST - anexa J, K / EN 1337-3</p>	<p>- aria de contact (<math>A_k</math>) si presiunea medie de contact (<math>\sigma_z</math>) nu trebuie sa depaseasca valorile precizate;</p> <p>- nu se accepta defecte (cedare aderenta, fisuri, altele) pentru un unghi de rotire <math>\alpha_r = 0,025 \text{ rad}</math> si o excentricitate (L) egala cu 1/6 din dimensiunea plana minima a epruvetei;</p>

<b>M<sub>e</sub></b> - momentul de revenire (momentul necesar pentru a roti suprafețele superioare/inferioare ale dispozitivului in limitele unghiului de ± 0,003 rad. <b>M</b> - rezistența la rotire.		- momentul de revenire (M <sub>e</sub> ) nu trebuie să depășească valoarea limită precizată de utilizator (proiectant). $M_e = \left( \frac{F_{z1} - F_{z2}}{4} \cdot L \right); M = G \cdot \frac{\alpha \cdot (a')^5 \cdot (b')}{n \cdot t_i^3 \cdot K_s}$																				
<b>4. flexibilitate laterală ( deformare orizontală )</b>																						
[8.2.1.2.7/ EN15129] <b>capacitate deplasare orizontală</b> (flexibilitate laterală): <b>d<sub>max</sub></b> ; <b>N<sub>Ed max</sub></b> ; <b>N<sub>Ed min</sub></b> / <b>N<sub>sđ</sub></b> ; <b>ε<sub>q,max</sub></b>	TEST - 8.2.4.1.5.3/ EN 15129 sau anexa G / EN1337-3	( ! ) pentru cazul în care capacitatea portantă nu a fost evaluată ( idem pct. 1. )																				
[8.2.3.4.1/ EN15129] <b>deformația specifică de forfecare</b> : ε <sub>q,max</sub> = v <sub>xy,d</sub> / T <sub>q</sub> (v <sub>xy,d</sub> = d <sub>Ed</sub> )	CALCUL - 5.3.3/ EN 1337-5	$\epsilon_{q,max} = \epsilon_{q,E} \leq 1$ $\epsilon_{q,max} = d_{Ed}/T_q; d_{Ed} = \gamma_x \cdot d_{bd}$																				
[8.2.3.4.2 /EN 15129]- <b>deformație specifică maximă</b> , totală de calcul: <b>ε<sub>t,d</sub></b>	CALCUL - 5.3.3/ EN 1337-3 + 8.2.3.3.2; 8.2.3.3.3/ EN 15129	$\epsilon_{t,d} = K_L \cdot (\epsilon_{c,E} + \epsilon_{q,E} + \epsilon_{\alpha,d}) \leq 7/\gamma_m$ ( ! ) pentru cazul în care capacitatea portantă nu a fost evaluată ( idem pct. 1. )																				
[4.3.2 / EN 1337-3] <b>rezistența la forfecare a aderenței oțel-elastomer</b> temp. nominală (23°C) / după îmbătrânire (3 zile la 70°C).	TEST - anexa G / EN 1337-3	- panta curbei forța-deformație (deformația elastică, <b>k<sub>e</sub></b> ) nu trebuie să prezinte o valoare maximă sau minimă până la valoarea deformației specifice la forfecare ε <sub>q,max</sub> = 2 (ε <sub>q,max</sub> = 200%); - la ε <sub>q,max</sub> , suprafața laterală a izolatorului nu trebuie să prezinte fisuri în interiorul elastomerului, datorită defectelor de turnare sau aderență; după caz, se consimțenează modul de rupere și valoarea rezistenței la forfecare aderență (R <sub>sa</sub> )																				
<b>5. durabilitate</b>																						
[4.3.6 / EN 1337-3] <b>rezistența la ozon durată expunere</b> : 72 ore; <b>concentrație ozon</b> : 25 ppsm pt. cauciuc natural (NR) / 50 ppsm pt. cauciuc cloropren (CR); <b>solicitări</b> : efort unitar de compresiune σ <sub>z</sub> = 1,3·G·S; forța de forfecare corespunzătoare pentru v <sub>x</sub> = 0,7· T <sub>q</sub> .	TEST - anexa L / EN 1337-3	- fără fisuri în cauciuc datorate defectelor de turnare / execuție; - lipsa semnelor de degradare a aderenței (prezența proeminente/ striatilor neregulate sau abateri de aliniere a plăcilor de armare) vizibile pe suprafața laterală a dispozitivului																				
[4.4.2 / EN 1337-3] <b>proprietăți fizico-mecanice elastomer</b> ♦ rezistența la întindere (T <sub>S</sub> ) - ISO 37; ♦ alungire min. la rupere (E <sub>b</sub> ) - ISO 37 ♦ duritate - ISO 7619; ♦ deformare remanentă după compresiune - ISO 815; ♦ rezistența la sfâșiere (T <sub>s</sub> ) - ISO 34-1; ♦ influența îmbătrânirii asupra caracteristicilor mecanice -ISO 188: - variație duritate - variație rezistență la întindere - variație alungire la rupere ♦ rezistența la ozon - ISO 1431-1 (doar pentru neopren - CR )	TEST - conform metode din Tabel 1/ EN 1337-3 + tabel 25 / EN 15129 (pct. 10.3.2)	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">NR ( G=0,9 MPa)</th> <th style="text-align: center;">CR ( G=0,9 MPa)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">≥ 16 MPa</td> <td style="text-align: center;">≥ 16 MPa</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">min. 425 %</td> <td style="text-align: center;">min. 425 %</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">≥ 60 ± 5 °Sh A</td> <td style="text-align: center;">≥ 60 ± 5 °Sh A</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">≤ 30%</td> <td style="text-align: center;">≤ 15%</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">≥ 8 kN/m</td> <td style="text-align: center;">≥ 10 kN/m</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">cond. îmbătrânire : 7 zile la 70°C - 5 / +10 IRHD</td> <td style="text-align: center;">cond. îmbătrânire : 3 zile la 100°C ± 5 IRHD</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">± 15 %</td> <td style="text-align: center;">± 15 %</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">± 25 %</td> <td style="text-align: center;">± 25 %</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">—</td> <td style="text-align: center;">fără fisuri</td> </tr> </tbody> </table>	NR ( G=0,9 MPa)	CR ( G=0,9 MPa)	≥ 16 MPa	≥ 16 MPa	min. 425 %	min. 425 %	≥ 60 ± 5 °Sh A	≥ 60 ± 5 °Sh A	≤ 30%	≤ 15%	≥ 8 kN/m	≥ 10 kN/m	cond. îmbătrânire : 7 zile la 70°C - 5 / +10 IRHD	cond. îmbătrânire : 3 zile la 100°C ± 5 IRHD	± 15 %	± 15 %	± 25 %	± 25 %	—	fără fisuri
NR ( G=0,9 MPa)	CR ( G=0,9 MPa)																					
≥ 16 MPa	≥ 16 MPa																					
min. 425 %	min. 425 %																					
≥ 60 ± 5 °Sh A	≥ 60 ± 5 °Sh A																					
≤ 30%	≤ 15%																					
≥ 8 kN/m	≥ 10 kN/m																					
cond. îmbătrânire : 7 zile la 70°C - 5 / +10 IRHD	cond. îmbătrânire : 3 zile la 100°C ± 5 IRHD																					
± 15 %	± 15 %																					
± 25 %	± 25 %																					
—	fără fisuri																					

Informațiile conținute în declarația de performanță a produsului au un caracter comercial, respectiv pot fi precizate doar unele dintre caracteristicile esențiale pentru utilizarea preconizată. Regulamentul UE nr. 305 / 09.03.2011, la art. 6, alin. 3c precizează că este permisă declararea "cel puțin a uneia dintre caracteristicile esențiale ale produsului". În acest caz, este obligatoriu să fie prezentate date pentru toți parametrii de performanță asociați unei caracteristici esențiale - vezi tabel 1.

### 3. EVALUAREA PRIN CALCUL A PERFORMANTELOR CARACTERISTICE

Verificarea prin calcul a parametrilor de performanta pentru izolatorii seismici din elastomeri are scopul de a evalua comportamentul unui sistem de izolare seismica corespunzator functiilor fundamentale asigurate de acesta: capacitate portanta, flexibilitate laterala, disipare energie si capacitate de recentrare.

Indeplinirea nivelului de performanta impus prin proiect/ specificatie tehnica demonstreaza faptul ca dispozitivul este in conformitate cu cerintele lui functionale si ramane operational in domeniul de utilizare pe durata de functionare.

In continuare este prezentat un exemplu de calcul pentru determinarea caracteristicilor functionale limita ale unui izolator seismic din elastomeri, pornind de la caracteristicile constructive ale acestuia si proprietatile fizico-mecanice ale materialelor constitutive.

#### 3.1. Date initiale

Izolator seismic din elastomeri de tip cloroprenic (CR) cu forma rectangulara, dimensiuni 200×300×41mm si urmatoarele caracteristici constructive: 3 straturi elastomer cu grosime  $t_i = 8\text{mm}$ ,  $n = 4$  armaturi din otel S235 (EN10025) cu grosime  $t_s = 3\text{mm}$ , strat elastomer acoperire exterioara superioara/ inferioara  $t_{ta} = t_{tb} = 2,5\text{mm}$ , strat elastomer acoperire laterala  $c = 5\text{mm}$ . Proprietatile fizico-mecanice ale elastomerului sunt: rezistenta la intindere  $T_S = 18\text{MPa}$ , alungire la rupere  $E_b = 437\%$ , duritate  $62^\circ\text{Sh A}$ , deformatia remanenta dupa compresiune  $8\%$ , rezistenta la sfasiere  $T_s = 14\text{kN/m}$ .

#### 3.2. Capacitate portanta ( $N_{Ed} / F_{z,d} ; K_v / E_{cs}$ )

Incarcarea gravitacionala maxima ce poate fi preluata de un dispozitiv individual, in conditii de siguranta la actiunile seismice de calcul, se determina considerand deformatia specifica la compresiune admisa pentru elastomerul de baza cu relatiile (1), alaturi de conditiile impuse pentru stabilitate la flambaj si antialunecare.

Verificarea experimental a capacitatii portante si stabilirea coeficientilor de corelatie cu valorile de calcul se realizeaza pentru parametrii definiti in relatiile (2).

$$\varepsilon_{c,d}^{\max} = \frac{1,5 \cdot F_{z,d}}{G \cdot A' \cdot S}; \quad \varepsilon_c^{\max} = \frac{6 \cdot S \cdot N_{Ed}}{A' \cdot E'_c}; \quad E'_c = 3 \cdot G(1 + 2 \cdot S^2) \quad (1)$$

$$K_v \equiv C_C = \frac{F_{z2} - F_{z1}}{v_{z2} - v_{z1}}; \quad E_{cs} = \frac{\sigma_{c2} - \sigma_{c1}}{\varepsilon_{c2} - \varepsilon_{c1}}, \text{ unde: } \varepsilon_c = \frac{v_z}{T_0} \quad (2)$$

#### 3.3. Flexibilitate laterala ( $d_{Ed} / v_{xy} ; k_b / R_{xy}$ )

Deplasarea orizontala totala ce revine unui dispozitiv individual ca urmare a solicitarilor exercitate asupra structurii, respectiv rezistenta (rigiditatea) acestuia la miscarea de translatie se calculeaza cu relatiile (3).

Verificarea experimental a se realizeaza prin determinarea valorii efective a modulului de elasticitate (4) in conditiile aplicarii unei solicitari de forfecare corespunzatoare atingerii deplasarii maxime de calcul. Se verifica conditia ca sarcina de exploatare sa nu depaseasca valoarea rezistentei la translatie.

$$\varepsilon_{qE} = \frac{d_{Ed}}{T_q}; d_{Ed} = \gamma_x \cdot d_{db}; \varepsilon_{qmax} = \frac{v_{xy}}{T_q} \leq 1; (v_{xy} \approx d_{Ed}); R_{xy} = \frac{A \cdot G \cdot v_{xy}}{T_q}; \quad (3)$$

$$G_g = \frac{\tau_{s2} - \tau_{s1}}{\varepsilon_{qx2} - \varepsilon_{qx1}}, \text{ unde: } \tau_s = \frac{F_x}{A}; \varepsilon_q = \frac{v_x}{T_q}. \quad (4)$$

### 3.4. Capacitatea de rotire ( $\alpha_R$ ; $M_e$ )

Performantele izolatoarelor seismice din elastomeri la rotirea statica produsa de sollicitarile exterioare pot constitui o cerinta critica pentru functionare, motiv pentru care deformatia specifica datorata rotatiei unghiulare, respectiv deformarea verticala totala ( $V_c$ ) trebuie limitata prin alegerea corespunzatoare a materialului elastomeric (5). Se verifica conditia de limitare a rotirii si valoarea experimentală a momentului de revenire (6).

$$V_c = \sum v_z = \sum \frac{F_z \cdot t_i}{A'} \left( \frac{1}{5 \cdot G \cdot S_1^2} + \frac{1}{E_b} \right); M = G \cdot \frac{\alpha \cdot (a')^5 \cdot (b')}{n \cdot t_i^3 \cdot K_s}; \quad (5)$$

$$M_e = \left( \frac{F_{z1} - F_{z2}}{4} \cdot L \right); V_c - \frac{(a' \cdot \alpha_a + b' \cdot \alpha_b)}{K_r} \geq 0. \quad (6)$$

### 3.5. Rezultate

Caracteristicile functionale limita obtinute prin calcul pentru izolatorul seismic din elastomeri anterior mentionat sunt: sarcina verticala maxima de exploatare  $N_{sd} = 1145$  kN, deplasarea orizontala totala maxima  $d_{max} = 21$  mm, rezistenta la translatie (forfecare)  $R_{xy} = 57$  kN, unghiul de rotire maxim  $\alpha_R = 0,0029$  rad.

Conditia de validare a modelului de calcul este ca valoarea coeficientului de corelatie C:

$$C = 1 - |(X_{calc} - X_{test}) / X_{test}| \geq 90\%, \quad (7)$$

unde:  $X_{calc} / X_{test}$  - valoarea parametrului obtinuta prin calcul / test.

## 5. CONCLUZII

Alegerea materialelor si produselor adecvate pentru solutia constructiva de rezemare a structurii de constructii constituie una dintre etapele de baza pentru asigurarea sigurantei si durabilitatii in exploatare a podurilor si viaductelor.

Performantele specifice unui anumit tip de izolator seismic din elastomeri pot fi evaluate prin calcul pe baza proprietatilor materialelor constitutive si cu considerarea conditiilor de utilizare, dar in lipsa validarii experimentale a acestor date, nu se poate determina/ garanta capacitatea de utilizare pentru o anumita lucrare.

In acest context, rezultatele experimentale obtinute, in urma aplicarii unitare a sistemului de evaluare propus in acest articol, vor contribui la realizarea unei baze de date care sa permita definirea unui model matematic, pe baza caruia sa fie apreciata cu precizie ridicata comportarea produselor similare din punct de vedere constructiv.

## **BIBLIOGRAFIE**

- [1] Bratu, P., Analiza structurilor elastice. Comportarea la actiuni statice si dinamice, Editura Impuls, Bucuresti 2011, ISBN 987 -973-8132-73-3.
- [2] Mitu, A.M., Popescu, I., Sireteanu, T., Comportarea dinamica a sistemelor cu caracteristici de tip histeretic, Editura MATRIX ROM, Bucuresti 2012, ISBN 987 -973-755-786-5.
- [3] \*\*\* Regulament (UE) Nr. 305/09.03.2011 – Condiții de comercializare a produselor și abrogare a Directivei nr. 89/106/EEC;
- [4] \*\*\* EN 15129:2009, Dispozitive Antiseismice;
- [5] \*\*\* EN 1337-3:2005, Aparate de reazem pentru structuri. Partea 3: Aparate de reazem din elastomeri.
- [6] Popa, S. - Validarea experimentală a performanțelor dispozitivelor antiseismice din elastomeri utilizate pentru poduri și viaducte, Conferința " Probleme actuale de urbanism și amenajare a teritoriului " - Chișinău 17-19 noiembrie 2016.